Agricultural Sci. J. 44 : 3 (Suppl.) : 299-302 (2013) ว. วิทย. กษ. 44 : 3 (พิเศษ) : 299-302 (2556)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของบรรจุภัณฑ์ฟิล์มพลาสติกเนื่องจากการดูดซับไขมันจากข้าวกล้องงอกและข้าวฮางงอกในระหว่างการเก็บรักษา

A Study on Weight Change of Plastic Film Packaging from Fat Absorption in Germinated Brown ice and Germinated Parboilied Rice During Storage

นิตยา ภูงาม[1] วีรเวทย์ อุทโธ[1] และฤทธิรงค์ พฤฑฒิกุล[2]
Nittaya Phungam[1], Weerawate Utto[1] and Rittirong Pruthtikul[2]

Abstract

Although vacuum packaging with plastic films can slow down deterioration of germinated brown rice (GBR) and germinated parboilied rice (GPR) from oxidative reactions, oxygen ingress is a major problem causing rancidity and rice weevil infestation. The hypothesis of this study if there is no leakage on sealing area and film surface, an increase in oxygen concentration in the vacuum bag may be caused by increased film permeability to oxygen witch is induced by the adsorption of fat produced by germinated rice. This preliminary study was to investigate the absorption of fat produced from both GBR and GPR by LDPE and nylon/PE plastic bags containing 15 g of rice laid in a single layer under vacuum conditions and kept at 30 and 50ºC for 21 days. The results showed that the weight of both films significantly increased in comparison to those of films not in contact with rice which remained constant from the beginning of the storage trial. There were oil-like stains on the film surface at the film-rice contact area. This together with weight change, importantly indicated fat absorption as hypothesized. At the same storage temperature, the weight of films in contact with GBR was higher than those in contact with GPR. An increase in weight of nylon/PE containing both types of rice was higher than that of LDPE due to loss in the vacuum condition of LDPE bag after containing rice for 7 days. Therefore, the interface between rice and film was reduced. When the same type of film was considered, the weight change of film at 50ºC was higher than that at 30ºC. Furthermore, storage at high temperature caused marked rancidity in both types of rice.

Keywords: germinated brown rice, germinated parboiled rice, fat absorption, plastic film

บทคัดย่อ

แม้ว่าการบรรจุสุญญากาศด้วยฟิล์มพลาสติกสามารถชะลอการเสื่อมสภาพของข้าวกล้องงอกและข้าวฮางงอกจากปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ แต่การซึมผ่านของออกซิเจนเข้าสู่บรรจุภัณฑ์เป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพ โดยเฉพาะการเกิดกลิ่นเหม็นหืนและการเติบโตของมอดข้าวสาร จากสมมุติฐานของการทดลองหากบริเวณรอยปิดผนึกและพื้นผิวฟิล์มพลาสติกไม่มีรอยรั่ว การเพิ่มขึ้นของออกซิเจนในถุงสุญญากาศอาจมีผลมาจากการดูดซับไขมันที่ผลิต โดยข้าวงอกบนพื้นผิวฟิล์มพลาสติก การศึกษาเบื้องต้นครั้งนี้เป็นการตรวจสอบการดูดซับไขมันจากข้าวกล้องงอกและข้าวฮางงอก โดยถุงพลาสติก LDPE และ nylon/PE บรรจุแบบสุญญากาศ โดยเรียงข้าวในถุงในรูปแบบชั้นเดียว (single layer) ขนาด 15 กรัมต่อถุงก่อน เก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 30 และ 50ºC เป็นเวลา 21 วัน จากผลการทดลอง น้ำหนักของฟิล์มทั้งสองเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนและมีความแตกต่างกับฟิล์มที่ไม่ได้สัมผัสกับข้าวซึ่งมีน้ำหนักคงที่นับตั้งแต่เริ่มต้นเก็บรักษา ผิวหน้าของฟิล์มบริเวณสัมผัสกับข้าวมีลักษณะปรากฏของคราบของน้ำมัน ซึ่งเกิดขึ้นพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแสดงให้เห็นว่าฟิล์มดูดซับไขมันจากข้าว ตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ที่อุณหภูมิเก็บรักษาเดียวกัน พบว่า ฟิล์มที่บรรจุข้าวกล้องงอกมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากกว่าฟิล์มบรรจุข้าวฮางงอก การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักฟิล์ม nylon/PE ที่บรรจุข้าวทั้ง 2 ประเภทสูงกว่า LDPE เนื่องจากถุง LDPE สูญเสียความเป็นสุญญากาศ ภายหลังจากการบรรจุ เป็นเวลา 7 วัน ทำให้การสัมผัสของฟิล์มกับข้าวลดลง เมื่อพิจารณาฟิล์มชนิดเดียวกัน พบว่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของฟิล์ม ที่ 50ºC เกิดขึ้นได้สูงกว่าที่ 30ºC นอกจากนี้การเก็บรักษาข้าวทั้ง 2 ชนิดที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้ข้าวมีกลิ่นเหม็นหืนที่ค่อนข้างชัดเจน

คำสำคัญ: ข้าวกล้องงอก, ข้าวฮางงอก, การดูดซับไขมัน, ฟิล์มพลาสติก

---

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ถนนสถลมาร์ค อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี
[1] Department of Food Technology, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, StlMark Road, Warinchamrab district., Ubon Ratchathani
[2] ห้องปฏิบัติการพลาสติก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
[2] Laboratory Plastics, National Metal and Materials Technology Center, National Science and Technology Development Agency

คำนำ

ข้าวกล้องงอก และข้าวฮางงอกเป็นข้าวซึ่งผ่านกระบวนการงอกทำให้มีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะสาร gamma amino butyric acid (GABA) ซึ่งช่วยป้องกันโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง และเบาหวาน (อรอนงค์ , 2547) การบรรจุสุญญากาศในบรรจุภัณฑ์ฟิล์มพลาสติก ประเภท nylon/PE ซึ่งมีความสามารถต้านการซึมผ่านออกซิเจนสูง [ค่า oxygen transmission rate (OTR) เช่น 30-120 $ml \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$ อ้างใน งามทิพย์ (2550)] เป็นระบบการบรรจุที่ใช้โดยทั่วไปในการเก็บรักษาข้าวทั้งสองชนิด แต่การซึมผ่านของออกซิเจนเข้าสู่บรรจุภัณฑ์ยังเป็นปัญหาสำคัญ ส่งผลให้สูญเสียสภาวะสุญญากาศและเกิดการเสื่อมสภาพโดยเฉพาะการเกิดกลิ่นเหม็นหืน เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดนชันระหว่างองค์ประกอบไขมันของข้าวและออกซิเจน และการเติบโตของมอดข้าวสาร (อัญชลี และ คณะ, 2550) จากข้อมูลข้างต้นอาจตั้ง สมมุติฐานได้ว่าหากไม่มีรอยรั่วของรอยปิดผนึกและฟิล์มพลาสติก การเพิ่มขึ้นของออกซิเจนในถุงสุญญากาศอาจเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของสมบัติการยอมให้ก๊าซออกซิเจนซึมผ่านของฟิล์มพลาสติก(Film permeability to oxygen, FPO) เนื่องจากการดูดซับไขมันของฟิล์มจากข้าวงอก จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าค่า FPO ของฟิล์ม เช่น พอลิโพรพิลีน (PP) เพิ่มขึ้นเมื่อฟิล์มสัมผัสกับไขมัน เนื่องจากโมเลกุลของไขมันที่ถูกดูดซับเข้าไปส่งผลต่อการจัดเรียงโมเลกุลของฟิล์มทำให้ออกซิเจนซึมผ่านได้ง่ายขึ้น (Dury-Brun *et al*., 2007) การวิจัยนี้เป็นการทดสอบเบื้องต้นของการดูดซับไขมันจากข้าวทั้งสอง โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของฟิล์มซึ่งการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักของฟิล์มเป็นดัชนีสำคัญที่แสดงให้ทราบถึงการดูดซับไขมันของฟิล์มพลาสติกจากข้าวงอกทั้งสองประเภท

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ข้าวกล้องงอก[3] และข้าวฮางงอก[3] และคุณสมบัติบางประการ

ข้าวกล้องงอก และข้าวฮางงอกที่ใช้ในการศึกษา ซื้อมาจาก บริษัท ภาวดี อุบลไรซ์ จำกัด อ. ดอนมดแดง จ. อุบลราชธานี และศึกษาคุณสมบัติบางประการของข้าวในด้านปริมาณไขมัน (crude lipid) โดยวิธี ether extract, ปริมาณโปรตีน (crude protein) โดยวิธี Kjeldahl method ปริมาณเยื่อใย (crude fiber) โดยวิธี ceramic fiber filter method ปริมาณเถ้า (crude ash) โดยวิธี direct method ปริมาณความชื้น (moisture) โดยวิธี air oven method และคาร์โบไฮเดรต (crude carbohydrates) (AOAC, 1995)

2. การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของฟิล์มพลาสติกซึ่งสัมผัสข้าวกล้องงอก และข้าวฮางงอก ในการบรรจุสุญญากาศ

การทดลองนี้ใช้ฟิล์มพลาสติก nylon/PE และ low-density polyethylene (LDPE) แม้ว่าฟิล์ม LDPE จะมีความต้านทานการซึมผ่านออกซิเจนที่ต่ำและไม่ใช้ในการบรรจุสุญญากาศ แต่ได้ใช้เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักกับ ฟิล์ม nylon/PE ซึ่งเป็นฟิล์มต้านการซึมผ่านออกซิเจนได้สูง นอกจากนี้ฟิล์ม LDPE มีสมบัติไม่มีขั้ว (nonpolar) จึงควรดูดซับไขมันจากข้าวได้ในปริมาณที่สูงทำให้การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของฟิล์มมีความชัดเจน การศึกษานี้ได้ใช้ถุงพลาสติกขนาด 13 x 20.5 cm และบันทึกน้ำหนักเริ่มต้นของถุง จากนั้นบรรจุข้าว 50 กรัม ลงในถุงซึ่งมีกรอบพลาสติกเทฟลอน (teflon) กั้นแนว 3 ด้าน เพื่อให้ข้าวมีการจัดเรียงเป็นชั้นเดียว (single layer) และสัมผัสกับฟิล์มมากขึ้นและลดการซ้อนทับกันของเม็ดข้าว จากนั้นทำปิดผนึกด้วยระบบสุญญากาศ (เครื่องปิดผนึกสุญญากาศ รุ่น DZ 500/2SB) และเก็บรักษาถุงข้าว (วางแนวนอน) ที่ 30 และ 50ºC เป็นเวลา 21 วัน โดยชั่งน้ำหนักฟิล์มพลาสติก และข้าว ทุก 7 วัน ทั้งนี้ได้ชั่งน้ำหนักถุงพลาสติกที่มีขนาดเท่ากันแต่ไม่มีการสัมผัสกับข้าว เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่อาจเกิดจากสภาวะแวดล้อม เช่น การดูดซับความชื้นในอากาศ (กรณีของฟิล์ม nylon/PE ซึ่ง nylon เป็นฟิล์มประเภทที่ชอบน้ำ (film hydrophilic) การวางแผนการทดลองในการศึกษานี้เป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) โดยในแต่ละวันที่ศึกษาได้สุ่มถุงข้าวแต่ละชนิดมาจำนวน 3 ถุง (ซ้ำ) การศึกษาดำเนินในระหว่างเดือน เมษายน-มิถุนายน 2556

ผลและวิจารณ์

1. คุณสมบัติบางประการของข้าวกล้องงอกและข้าวฮางงอก

จากการวิเคราะห์สมบัติบางประการของข้าวกล้องงอก และข้าวฮางงอก พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของข้าว 2 ชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน (Table 1) อย่างไรก็ตามข้าวกล้องงอกมีปริมาณเถ้า และโปรตีนที่สูงกว่าข้าวฮางงอก แต่ข้าวฮางงอกมีปริมาณของเยื่อใยที่สูงกว่า ทั้งนี้ปริมาณไขมันของข้าวทั้ง 2 ชนิดมีค่าที่ใกล้เคียงกัน (Table 1) และข้อมูลจากการศึกษานี้มีค่า

[3] **ข้าวกล้องงอก** คือ ข้าวงอกที่ได้มาจากการนำข้าวกล้องไปให้เกิดการงอกแล้วค่อยนำไปผึ่งแดดให้แห้ง **ข้าวฮางงอก** คือ ข้าวที่ได้จากการนำข้าวเปลือกไปผ่านกระบวนการงอกแล้วนำไปนึ่งด้วยไอน้ำ จากนั้นนำไปผึ่งแดดให้แห้งแล้วค่อยนำไปกะเทาะเปลือก

ปริมาณของเยื่อใยที่สูงกว่า ทั้งนี้ปริมาณไขมันของข้าวทั้ง 2 ชนิดมีค่าที่ใกล้เคียงกัน (Table 1) และข้อมูลจากการศึกษานี้มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้อง (Table 1) โดยผลการศึกษาได้ยืนยันว่าข้าวกล้องและข้าวฮางมีองค์ประกอบไขมันที่สูงกว่าข้าวขัดขาวอย่างชัดเจน ส่วนข้าวฮางงอกมีองค์ประกอบไขมันในปริมาณที่สูงกว่าข้าวกล้องงอกเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากกระบวนการผลิตของข้าวฮางงอกมีการแช่เมล็ดข้าวทั้งเปลือก แล้วนำมานึ่งและทำแห้ง ดังนั้นเมื่อเมล็ดข้าวได้รับความร้อนและไอน้ำ ส่งผลให้องค์ประกอบไขมันและอื่นๆที่อยู่ในเปลือกจะถูกผลักออกมาอยู่บริเวณเยื่อหุ้มเมล็ด (Ituen and Ukpakha, 2011) จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีปริมาณไขมันที่สูงกว่าในข้าวกล้องงอก

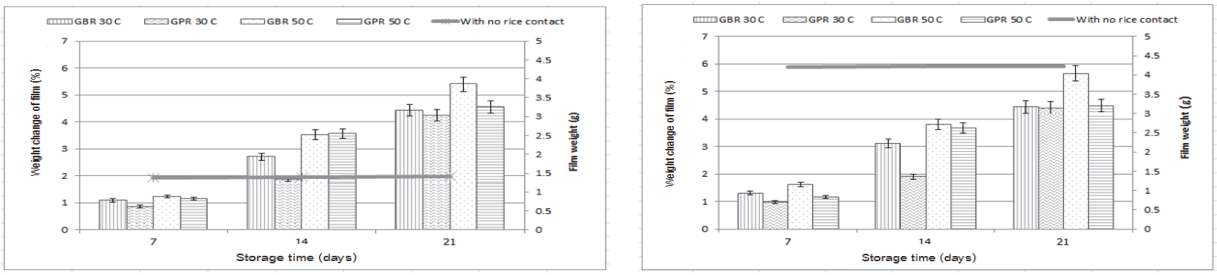
Table 1 Proximate properties of germinated brown and parboiled rice

Certain properties	Germinated brown *	Parboiled rice *	Brown rice **	Parboiled rice **	White rice **
Ash (g)	1.03±0.02	0.69±0.05	1.0-1.5	0.85	0.3-0.8
Bond (g)	1.02±0.01	1.24±0.16	1.0-1.5	1.53	0.2-0.5
Protein (g)	7.19±0.26	5.06±0.04	7.1-8.3	5.12	6.3-7.1
Fat (g)	2.61±0.32	2.78±0.10	1.6-2.8	1.01	0.3-0.5
Moisture (%)	12.40±1.54	12.21±0.6	-	-	-
Carbohydrate (g)	80.77±9.16	85.27±8.33	-	-	-

Annotation * Studied and analyzed in this research ** Information collected by presented by Onanong (2004)

2. ผลของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของฟิล์มพลาสติก LDPE และ nylon/PE ซึ่งสัมผัสกับข้าวกล้องและข้าวฮางงอก

น้ำหนักของฟิล์มทั้ง LDPE และ nylon/PE มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ที่ฟิล์มที่ไม่ได้สัมผัสกับข้าวไม่มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก (Figure 1) จากการสังเกตด้วยตาเปล่าบริเวณผิวหน้าของฟิล์มซึ่งสัมผัสกับข้าว พบว่า มีลักษณะปรากฏของคราบน้ำมัน แสดงให้เห็นว่าฟิล์มดูดซับไขมันจากข้าว เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิเดียวกัน พบว่า การเพิ่มน้ำหนักของฟิล์มทั้งสองประเภทซึ่งบรรจุข้าวกล้องงอกมีค่าสูงกว่าฟิล์มบรรจุข้าวฮางงอกเพียงเล็กน้อย แม้ว่าข้าวฮางงอกมีปริมาณไขมันที่สูงกว่าข้าวกล้องงอก (Table 1) ทั้งนี้อาจเป็นเพราว่าการนึ่งด้วยไอน้ำในการผลิตข้าวฮางส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ขององค์ประกอบทางเคมีต่างๆของข้าว เข้าไปสู่ภายในช่องว่างของเมล็ดข้าวข้าว (ศิริพร, 2550) ที่เกิดจากการแช่น้ำในระหว่างการงอกในปริมาณที่มากกว่าข้าวกล้องงอก จึงทำให้การสัมผัสระหว่างไขมันของข้าวฮางงอกและฟิล์มเกิดขึ้นได้ช้ากว่าข้าวกล้องงอก ส่วนการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของฟิล์มทั้งสองที่ 50°C มีแนวโน้มสูงกว่าที่ 30°C (Figure 1) อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิสูงทำให้ไขมันเคลื่อนที่จากข้าวไปสู่ฟิล์มในอัตราเร็วกว่าอุณหภูมิต่ำ ทำให้มีปริมาณไขมันสัมผัสกับฟิล์มในปริมาณสูงกว่า ปัจจุบันยังไม่มีรายงานและผู้วิจัยจะได้ค้นคว้าในประเด็นนี้ต่อไป นอกจากนี้การเก็บรักษาข้าวที่ 50°C มีกลิ่นหืนมากกว่าที่ 30°C โดยผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัย ของ Masshall *et al.* (1994) โดยอุณหภูมิสูงเร่งการเกิดปฏิกิริยาและการทำงานของเอนไซม์ไลเปสในข้าวทำให้เกิดการผลิตสารไฮโดรเพอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นเหม็นหืน



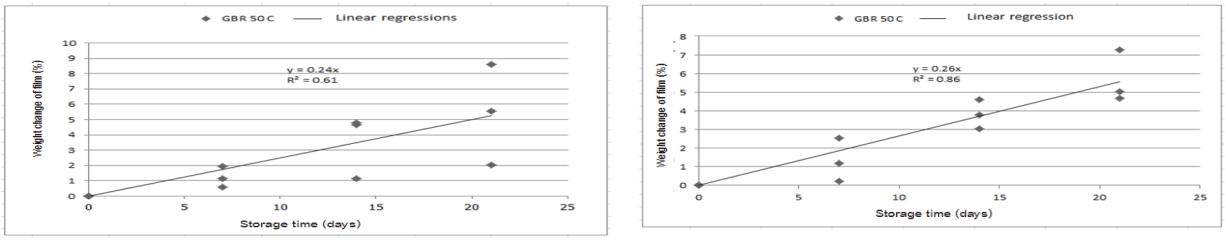
LDPE Nylon/PE

Figure 1 Changes in weight of LDPE and nylon/PE films in contact with germinated brown (GBR) and germinated parboiled (GPR) rice during 21-day storage at 30 and 50 ˚C

ณ อุณหภูมิเดียวกัน (ทั้ง 30 และ 50°C) ฟิล์มชนิด nylon/PE มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของฟิล์มที่สูงกว่าฟิล์ม LDPE อาจเนื่องจากฟิล์ม nylon/PE เมื่อทำการบรรจุข้าวในระบบสุญญากาศแล้วยังคงรักษาสภาพภายหลังจากการ

บรรจุสุญญากาศไว้ได้ดีกว่าฟิล์ม LDPE ทำให้ฟิล์มทั้งสองด้านของ nylon/PE ยังสัมผัสกับไขมันข้าวที่ถ่ายโอนออกมาได้อย่างต่อเนื่อง ส่วนในกรณีของฟิล์ม LDPE นั้นเกิดการสูญเสียสภาวะสุญญากาศภายหลังจากการบรรจุ 7 วัน ส่งผลให้ฟิล์มด้านบนมีการสัมผัสกับข้าวน้อยลง แต่ฟิล์มด้านล่างยังคงสัมผัสกับข้าวอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากน้ำหนักของข้าวที่กดลงบนผิวหน้าของฟิล์ม ส่งผลให้การดูดซับไขมันจากข้าวไปสู่ฟิล์มยังดำเนินต่อไป ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของฟิล์ม LDPE ที่เกิดจากการดูดซับไขมันจากข้าว จึงมีค่าที่น้อยกว่าฟิล์ม nylon/PE ทั้งนี้ พบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักฟิล์มที่ไม่มีการสัมผัสกับไขมันข้าว (Figure 1) แม้ว่า nylon/PE เป็นฟิล์มที่ชอบน้ำ ซึ่งผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานว่าชั้นของ nylon นั้นได้อิ่มตัวด้วยไอน้ำในบรรยากาศในระหว่างการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายก่อนนำมาใช้ในงานวิจัยนี้

เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างวันที่ทำการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของฟิล์มชนิดต่างๆ ในที่นี้นำเสนอข้อมูลของข้าวกล้องงอกที่อุณหภูมิเก็บรักษา 50˚C (เนื่องจากเป็นสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของฟิล์มได้มากและชัดเจน) โดยการวิเคราะห์การถดถอยเส้นตรง (linear regression) ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel 2010 พบว่าความสัมพันธ์มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง และมีค่า R^2 ระหว่าง 0.61 และ 0.86 โดยค่าที่ได้จากฟิล์ม nylon/PE ที่มีความแปรปรวนของค่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่ำกว่า (Figure 2) ทั้งนี้ความชันเส้นตรงของฟิล์มทั้ง 2 ประเภทมีค่าเท่ากันแสดงให้เห็นว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักของฟิล์มทั้ง 2 ประเภทเท่ากัน ซึ่งเกิดจากการดูดซับไขมันโดยฟิล์ม LDPE หรือชั้น PE ในฟิล์ม nylon/PE



LDPE Nylon/PE

Figure 2 Linear regressions between weight change and storage time as influenced by LDPE and nylon/PE films used for germinated brown (GBR) rice during storage at 50˚C for 21 day

สรุป

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าฟิล์มบรรจุข้าวข้าวกล้องงอกและฮางงอกมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักนั้นมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงกับระยะเวลาของการสัมผัสกันระหว่างข้าวกับถุงพลาสติก และการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักฟิล์มจากการดูดซับไขมันจากข้าวงอกทั้งสอง สนับสนุนสมมุติฐานว่าการดูดซับไขมันจากข้าวโดยฟิล์มพลาสติกเป็นสาเหตุสำคัญของการเพิ่มขึ้นของก๊าซออกซิเจนในการบรรจุสุญญากาศ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่สนับสนุนเงินทุนในการทำวิจัย (ทุน TGIST ประจำปี 2555) และคณะเกษตรศาสตร์ และมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือวิจัยต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. การบรรจุอาหาร. โรงพิมพ์บริษัท เอส.พี.เอ็ม. การพิมพ์จำกัด. กรุงเทพ ฯ. 389 หน้า.

ศิริพร วิชชาลัย. 2550. กระบวนการผลิตข้าวฮางงอก. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://sites.google.com/site/khawhang/project-updates. (10 ตุลาคม 2555)

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 366 หน้า.

อัญชลี ประเสริฐศักดิ์, สุนันทา วงศ์ปิยชน และ ละม้ายมาศ ยังสุข. 2550. ความมีชีวิตและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวกล้อง. วารสารวิชาการข้าว. 1(1): 65-71.

AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 16th ed. Association Official Analytical Chemists. Virsinia. pp. 1-23.

Dury-Brun, C., P. Chalier, S. Desobry and A. Vollley. 2007. Multiple mass transfers of small volatile molecules through flexible food packaging. Food Rev. Intl. 23 (3): 199-255.

Ituen, E. U. U. and A.C. Ukpakha. 2011. Improved method of par-boiling paddy for better quality rice. World J. App. Sci. Technol. 3 (1): 31-40.

Marshall, W.E. and J. I. Wadsworth. 1994. Rice Science and Technology. Marcel Dekker, Inc. New York. 470 p.